



# **Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Medicina**

**Escuela Académico Profesional de Nutrición**

## **Efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara**

### **TESIS**

**Para optar el Título Profesional de Licenciado en Nutrición**

### **AUTOR**

**Edwar Paul CACHAY BARBOZA**

### **ASESORES**

**Rosa Lorenza ORIONDO GATES**

**Lázaro Rubén VALDIVIESO IZQUIERDO**

**Lima, Perú**

**2016**



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Cachay E. Efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina, Escuela Académico Profesional de Nutrición; 2016.

---



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**Escuela Académico Profesional de Nutrición**



«Año de la consolidación del Mar de Grau»

**ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN**  
**MODALIDAD DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Conforme a lo estipulado en el artículo 45 de la Ley Universitaria 30220, el **Jurado de Sustentación** nombrada por el Comité Asesor y la Dirección de la Escuela Académico Profesional de Nutrición, conformado por las siguientes Docentes:

Presidenta: Dr. Aníbal Jesús Pacheco Gallupe  
Miembros: Lic. Sonia Antezana Alzamora  
Dr. Segundo Teófilo Calderón Pinillos  
Asesora: Q.F. Rosa Lorenza Oriondo Gates

Se reunió en la ciudad de Lima, el día viernes 20 de mayo del 2016, para proceder a evaluar la **Sustentación de Tesis para Optar el Título Profesional de Licenciado en Nutrición**, al Bachiller:

**EDWAR PAUL CACHAY BARBOZA**  
Código de Matricula N° 11010415

Tesis: «EFECTO DEL TIEMPO DE COCCIÓN POR HERVIDO SOBRE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES EN ARRACACIA XANTHORRHIZA (ARRACACHA) CON Y SIN CÁSCARA» (Aprobado con RD N° 2046-D-FM-2014) el mencionado Bachiller aprueba el Examen, obteniendo la calificación:

DIECISIETE

(en letras)

Estando de acuerdo con la presente acta, el Jurado de Sustentación, firma en señal de conformidad.

Dr. Aníbal Jesús Pacheco Gallupe  
Presidente

Lic. Sonia Antezana Alzamora  
Miembro

Dr. Segundo Teófilo Calderón Pinillos  
Miembro



AMDFY/Glenda

## **DEDICATORIA**

A mis padres y mis hermanas, por haberme dado la mejor herencia que tengo en esta vida, una gran profesión, basada en principios y valores; a su vez por darme su amor, apoyo, comprensión y motivación para poder realizarme profesionalmente.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis asesores la Q.F Rosa Oriundo Gates y el Q.F Rubén Valdivieso Izquierdo. Por haberme facilitado el uso de sus instalaciones y por el tiempo que dedico al desarrollo de mi proyecto

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y de manera especial a la facultad de medicina y la Escuela Académico Profesional de Nutrición, entidad donde me permitió formarme en sus aulas.

A todos los docentes de la facultad de medicina, quienes impartieron sus conocimientos y contribuyeron para mi formación personal como profesional.

A mis amigos y colegas de la universidad por el apoyo que siempre me brindaron y por los momentos inolvidables que hemos vivido a lo largo de los cinco años.

## **ÍNDICE**

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE .....	iii
RESUMEN.....	1
SUMMARY .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
HIPÓTESIS .....	15
OBJETIVOS .....	15
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos .....	15
MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
MATERIALES .....	16
MÉTODOS.....	17
RESULTADOS.....	21
DISCUSIÓN.....	29
CONCLUSIONES.....	36
RECOMENDACIONES.....	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
ANEXOS .....	42

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar el efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara. **Hipótesis:** El tiempo de cocción por hervido disminuye la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara. **Materiales y métodos:** tipo de estudio experimental, analítico, longitudinal y prospectivo. La *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) fue fresca y adquirida por conveniencia del departamento de San Martín. La muestra biológica fue un extracto acuoso de la Arracacha. Se utilizó el método de reducción del radical libre estable 2,2 difenil - 1 - picrilhidrazil (DPPH\*) y reactivo de Folin y Ciocalteu. **Resultados:** La arracacha con cáscara tuvo un porcentaje de reducción de DPPH\* de 72% en crudo y 38% pasado los 20 minutos de cocción, mientras que la arracacha sin cáscara redujo desde un 63% hasta un 33% pasado los 20 minutos de cocción. El contenido de polifenoles totales fue mayor en crudo, siendo el valor más elevado para la muestra con cáscara ( $13.3 \pm 0.4$  mg EAG/g) y el menor valor para la muestra de postcocción por hervido de 20 minutos en la arracacha sin cáscara ( $4.74 \pm 0.2$  mg EAG/g). **Conclusiones:** El tiempo de cocción por hervido disminuye la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara. Se obtuvo una correlación entre la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales con un ( $r= 0,9041$ ) para la muestra con cáscara y un valor de ( $r= 0,9712$ ), para la muestra sin cáscara; lo que permite establecer que a mayor contenido de polifenoles totales presentes en la Arracacha en crudo y cocido con y sin cáscara, menor será el valor IC50.

**Palabras claves:** antioxidantes, polifenoles totales, arracacha



## SUMMARY

**Objective:** Determine the effect of time on cooking boiled antioxidant capacity and total polyphenol content in *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) with and without shell. **Hypothesis:** The cooking time for boiled decreases the antioxidant capacity and total polyphenol content in *Arracacia xanthorrhiza* (celeriac) with and without shell. **Materials and methods:** kind of experimental, analytical, longitudinal and prospective study. The *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) was fresh and convenience acquired by the department of San Martin. The biological sample was an aqueous extract of Arracacha. The method of reduction of the radical free stable 2,2 difenil - 1 - picrilhidrazil (DPPH \*) and Folin and Ciocalteu. was used. **Results:** the arracacha shell had a percentage reduction of DPPH \* 72% oil and 38% in last 20 minutes of cooking, while arracacha shelled reduced from 63% to 33% last 20 minutes of cooking . The total polyphenol content was higher in crude, being the highest value for the sample shell (EAG  $13.3 \pm 0.4$  mg / g) and the lowest value for the sample of post-baking for 20 minutes in boiling arracacha shelled ( $4.74 \text{ EAG} \pm 0.2$  mg / g). **Conclusions:** boiled cooking time decreases the antioxidant capacity and total polyphenol content in *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) with and without shell. A correlation between antioxidant capacity and total polyphenol content with ( $r = 0.9041$ ) for the sample shell and a value of ( $r = 0.9712$ ) for the sample was obtained shelled; thus establishing that the higher total polyphenol content present in the Arracacha with raw and cooked and peeled, the lower the IC50 value.

**Keywords:** antioxidants, polyphenols, arracacha

## **INTRODUCCIÓN**

El aumento constante de la prevalencia de enfermedades crónicas - degenerativas relacionadas con la alimentación que se está evidenciando hoy en día, está conduciendo a un mayor interés por estudiar la relación entre la alimentación y la salud. Todas estas enfermedades ejercen un efecto negativo en la salud de las personas que los padecen, ya que aumenta significativamente las tasas de morbilidad. Toda esta situación conlleva a que el país asuma importantes gastos generados por los servicios de salud y la atención médica de dichos padecimientos, al tiempo que afectan la economía personal, familiar y nacional (1,2).

Actualmente es evidente que existe una relación entre alimentación y las enfermedades crónicas – degenerativas, las cuales también se relacionan directamente con los radicales libres, esto es debido en gran parte al estrés oxidativo generado, contribuyendo de manera significativa el estilo de vida, tipo de alimentos que se ingieren y la manipulación o exposición a sustancias químicas que contribuyeron a la disminución de la resistencia a las enfermedades; esta situación ha motivado a investigar las propiedades químicas de estos alimentos que, además de su importancia nutricional, muestran un efecto protector de la salud, expresado por una disminución del riesgo de sufrir determinadas patologías.

El oxígeno normalmente está asociado a las condiciones de vida aerobia, cumpliendo una función muy importante en metabolismo y viabilidad celular, al mismo tiempo esta molécula trae un peligro potencial debido a sus especiales características paramagnéticas, responsables de la formación de compuestos intermediarios con una alta reactividad, conocidas como especies reactivas del oxígeno (ERO) siendo muchas de estas radicales libres (RL). Los radicales libres son especies químicas que poseen uno o más electrones

desapareados en los orbitales atómicos. Estos electrones desapareados confieren al radical una gran reactividad química; ya que al ser inestables, tienen tendencia a ceder o a captar un electrón de otra molécula o radical para conseguir una configuración electrónica estable (3).

Los radicales libres (RL) y las especies reactivas del oxígeno (ERO) son continuamente generadas en el organismo como resultado de accidentes de la química, o durante el curso de diversos procesos metabólicos. Las ERO han sido implicadas como iniciadoras de reacciones que conducen a un daño oxidativo, y por lo tanto se considera que dichas especies dan origen al desarrollo de diversas condiciones patológicas. Sin embargo, recientemente, estas especies han sido reconocidas también como importantes mediadores de una serie de eventos de naturaleza fisiológica. El hecho de que las ERO conduzcan a un daño celular, o que sus acciones se limiten a servir como señales biológicas, dependerá en parte de su naturaleza, de los mecanismos y sitios de su generación, y de los sustratos biológicos sobre los que actúan (3).

Las ERO pueden afectar muchos sustratos dentro de ellos están los lípidos, ácidos nucleicos y proteínas siendo los más susceptibles a un daño los ácidos grasos poliinsaturados y los esteres del colesterol. Su mayor determinante de que radicales libres tengan o no carácter dañino está dado por el balance entre la velocidad a la cual estas especies son generadas y aquella a la cual las mismas son removidas por los mecanismos antioxidantes (3,4).

Las especies reactivas del oxígeno por ser metabolitos parcialmente reducidos y muy inestables, les da una vida media extremadamente corta y la capacidad de reaccionar con todas las moléculas de importancia biológica. Dentro de las más importantes ERO se encuentran el radical superóxido ( $O_2^-$ ), el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), el radical hidroxilo ( $\cdot OH$ ) y el radical peroxinitrito; generándose en el organismo a partir de fuentes endógenas y exógenas. Una fuente endógena muy importante es la cadena transportadora de electrones, a nivel de los complejos I y III fundamentalmente. Otra fuente endógena es la defensa antimicrobiana; macrófagos y leucocitos polimorfonucleares liberan estas sustancias, que contribuyen a la eliminación

de los microorganismos. Por otra lado, las fuentes exógenas incluyen radiaciones (como las ultravioletas que pueden ocasionar cáncer de la piel, dermatitis y envejecimiento), tóxicos que ingresan al organismo por dieta o inhalación (humo del tabaco, contaminación ambiental), medicamentos, etcétera (5).

Cuando la generación de ERO supera la capacidad de estos mecanismos de defensa, se desarrolla el estrés oxidativo (EO), caracterizado por el incremento de estas especies potencialmente dañinas para las biomoléculas, lo que lo involucra efectos locales y posible generación de algunas enfermedades crónico degenerativas (5).

En un ácido graso poliinsaturado el daño de un radical libre se inicia a través de la sustracción de un átomo de H el cual está unido a un carbono de la región insaturada, esta reacción es oxidativa ya que no sólo implica la transformación de un ácido graso poliinsaturado en un radical lipídico (L), sino que ante la presencia de oxígeno la reacción da lugar a la formación de un radical lipoperóxi (LOO) llevándose a cabo una lipoperoxidación que traerá como consecuencia un daño progresivo de la estructura del lípido así como una alteración de sus funciones (6).

Las proteínas también pueden ser atacadas por las ERO, produciéndose cambios estructurales y funcionales; aunque, no son tan susceptibles como los ácidos grasos poliinsaturados, al presentar menores posibilidades para la progresión de las reacciones en cadena. El ataque de los radicales libres a las proteínas únicamente se produce cuando existe una acumulación de radicales, o cuando el ataque, facilitado por la unión de la proteína a un ión de un metal de transición, converge en un lugar concreto de la proteína; los aminoácidos que mayor ataque presentan son: cisteína, triptófano, histidina, lisina y metionina (6).

Sobre los ácidos nucleicos hay modificación de bases produciendo mutaciones tales como la 8-hidroxi,2'-desoxiguanosina (modificación altamente mutagénica), el timidín glicol y la 8-hidroxi-citosina. Las lesiones oxidativas del DNA en condiciones metabólicas normales son elevadas; pero existe un grupo

de enzimas reparadoras que solucionan estas lesiones. Por lo tanto, las lesiones oxidativas y las mutaciones van acumulándose con la edad y pueden contribuir al desarrollo de enfermedades como el cáncer y procesos inflamatorios crónicos (6).

La formación de los compuestos oxidantes hasta cierto modo es necesaria y beneficiosa para la supervivencia de los seres vivos; pero, si estas especies reactivas están en exceso serán perjudiciales. Por lo tanto, son indispensables los antioxidantes para que los neutralicen, de manera que mantenga un equilibrio entre la cantidad de especies reactivas y las defensas antioxidantes.

Los antioxidantes son un grupo de moléculas reconocidas por su capacidad para neutralizar los radicales libres; estas sustancias han surgido como una alternativa para combatir deficiencias asociadas al estrés oxidativo, tales como las presentadas en las enfermedades cardiovasculares, reumáticas, neurológicas, cánceres y a eventos tan comunes en los seres humanos como es el caso del envejecimiento. La mayoría de las investigaciones indican que los alimentos ricos en antioxidantes consumidos a través de la dieta proporcionan innumerables beneficios para la salud. Los ensayos clínicos resaltan los beneficios de los antioxidantes principalmente si son adquiridos de la alimentación; así mismo indican que se debe consumir una dieta variada entre frutas y verduras por lo menos en 5 raciones diarias (7).

Un antioxidante puede ser definido como una sustancia, que al estar presente en baja concentración, retarde o inhiba significativamente la oxidación de esta sustancia (8).

Las sustancias antioxidantes se han clasificado en dos principales sistemas, el sistema enzimático y el sistema no enzimático; también conocidos como endógenos y exógenos respectivamente; las cuales pueden actuar tanto en el espacio intracelular como en el extracelular. El primer sistema de defensa correspondiente a las enzimas antioxidantes o endógenas, está basado en un complejo enzimático de defensa que puede incluir a la superóxido dismutasa, la catalasa, la glutatión peróxidasa, a la tioredoxina reductasa y la glutatión

reductasa. La superóxido dismutasa permite la dismutación del ión superóxido en peróxido de hidrógeno y cuya acumulación se evita por el sistema de catalasa (CAT)/glutación peróxidasa (GSH-PX), transformándolo en oxígeno no molecular, agua y glutación oxidado (9).

Sin embargo estos factores enzimáticos antioxidantes dependen de otros nutrientes esenciales; por ejemplo, las expresiones del glutación peróxidasa y la tioredoxina reductasa dependen de que se cuente con cantidades adecuadas de selenio, las expresiones del superóxido dismutasa (citósol) dependen de un aporte adecuado de cobre y zinc y para superóxido dismutasa (mitocondrial) requiere manganeso; la actividad del glutación reductasa depende de un consumo suficiente de riboflavina. Cuando estos sistemas enzimáticos fracasan o se sobrepasan, se produce una sobre producción de iones superóxido y de peróxido de hidrógeno, que no es totalmente detoxificado dando lugar al radical hidroxilo (OH) que es altamente tóxico (9).

El segundo sistema de antioxidantes no enzimático o exógeno, es un sistema paralelo al primero y especialmente útil cuando el sistema endógeno se satura. Está determinado por una serie de compuestos llamados depuradores de radicales libres; los cuales intervienen logrando retrasar la producción de los radicales libres. Algunos antioxidantes no enzimáticos en las células son el glutación, el ácido lipoico, la bilirrubina, las ubiquinosas, fenoles, polifenoles, la vitamina E, la vitamina C, la vitamina A y los carotenoides; mientras que los minerales selenio, cobre, zinc y magnesio forman parte de la estructura molecular de algunas de las enzimas antioxidantes (9).

Se ha relacionado al consumo de frutas, verduras, hierbas y otros alimentos con una menor incidencia de enfermedades degenerativas, debido al alto contenido de varios antioxidantes (principalmente carotenoides, vitaminas C y E) que se encuentran presentes en éstos alimentos; los cuales neutralizan la acción de los radicales libres, desempeñando una función fundamental en la prevención de éstas enfermedades, logrando un efecto positivo en la salud pública (10).

Los fenoles son metabolitos secundarios ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Se localizan en todas las partes de las plantas y su concentración es variable a lo largo del ciclo vegetativo. Estos compuestos participan de diversas funciones, tales como la asimilación de nutrientes, la síntesis proteica, la actividad enzimática, la fotosíntesis, la formación de componentes estructurales, la alelopatía, defensa ante los factores adversos del ambiente, antirradicales, antimutagénicas, anticarcinogénicas, retardan la senescencia, antiaterogénicas, antimicrobianas (11). La característica antioxidante de los fenoles se debe a la reactividad del grupo fenol para quelar metales, inhibir la lipoxigenasa (LO), la ciclooxigenasa (CO), la mieloperoxidasa (MPO), la NADPH oxidasa y la xantina oxidasa (XO); que evitan la generación de las ERO in vivo, así como de hidroperóxidos orgánicos, aunque en ocasiones también pueden promover reacciones de oxidación in vitro (6,12).

Entre los compuestos polifenólicos se encuentran los ácidos fenólicos y flavonoides como el ácido cumárico y la quercetina y los taninos, entre los cuales el más activo biológicamente es la epicatequina. Estos fenoles con peso molecular relativamente alto tienen un poder antioxidante 20 veces más fuerte que la vitamina E (13).

Los flavonoides son los polifenoles que poseen al menos 2 subunidades fenólicas; los compuestos que tienen 3 o más subunidades fenólicas se denominan taninos (12). Los flavonoides son derivados fenólicos sintetizados en cantidades substanciales por las plantas. Comprenden alrededor de 4000 compuestos identificados, son derivados hidroxilados, metoxilados y glicosilados de la 2 fenil benzopirano, que consiste en dos anillos benceno combinados por mediación del oxígeno contenido en el anillo pirano. Estos compuestos poseen actividad antioxidante y capacidad para capturar radicales libres (14).

Los flavonoides son la clase predominantemente de los fenoles presentes en los alimentos, son aproximadamente 2/3 de los fenoles consumidos en la dieta humana. Los taninos por otro lado también son fuente importante de antioxidantes. Los humanos consumen compuestos fenólicos a

diario que va desde 25 mg a 1g por día dependiendo del tipo de dieta (frutas, vegetales, granos, té, especias) (12).

Los carotenoides son tetraterpenos constituidos por unidades múltiples de isopreno con un anillo de ciclohexano sustituido e insaturado en cada uno de los extremos. Existen dos tipos de carotenoides: los carotenos, que no contienen oxígeno en sus anillos terminales y las xantofilas que si los tienen (10).

La actividad antioxidante de estos pigmentos (carotenoides) depende de una serie de factores, como su estructura química (tamaño, número de sustituyentes, configuración cis o trans, etc.), su concentración, la presión parcial de oxígeno o su interacción con otros antioxidantes, sobre todo las vitaminas C y E (15).

El  $\beta$ -caroteno puede pasar de ser antioxidante a prooxidante en función de la concentración y la presión de oxígeno, entre otros factores. Existen estudios in vitro que apuntan que la actividad antioxidante de este compuesto es mayor que el presentado por el  $\alpha$ -tocoferol. También se ha demostrado que otros carotenoides, como la astaxantina, responsable del color de la carne de salmón, son buenos antioxidantes. Estudios reportan que el consumo de frutas y verduras ricas en carotenoides implica un aumento de resistencia frente a los procesos oxidativos. De igual forma se observó que el incremento de los niveles plasmáticos de carotenoides estaba asociado con un menor daño del ADN y una mayor actividad reparadora (15).

Vitamina E tiene una función fundamental en la protección del cuerpo frente a los efectos perjudiciales de las especies reactivas del oxígeno que se forman metabólicamente o que se encuentran en el entorno. El termino vitamina E se refiere a una familia de compuestos, todos derivados de 6-cromanol y que difieren en el número y posición de los grupos metilos y la estructura de los anillos; incluye dos clases de sustancias activas biológicamente: los tocoferoles y los tocotrienoles. El más importante de todos ellos es el  $\alpha$ -tocoferol en la forma natural del isómero D (16).



Como antioxidante fenólico, dona un H<sup>+</sup> del grupo hidroxilo de su propio anillo al radical libre y lo estabiliza. Como la vitamina E se ubica en el medio de la bicapa de fosfolípidos que forma la membrana de las células, resulta útil en la prevención de la peroxidación lipídica, cadena de reacciones que tiene como fin el deterioro de los ácidos grasos poliinsaturados (16).

La absorción de esta vitamina varía de un 20 a un 70%; lo absorbido se incorpora a los quilomicrones (Qm) y se transporta a la circulación general por la linfa. La vitamina E que llega al hígado se incorpora a las VLDL utilizando transportadores específicos para la vitamina E. En el plasma el tocoferol también se distribuye en las LDL y las HDL, donde puede proteger a las lipoproteínas de su oxidación (16,17).

La vitamina C al igual que los otros compuestos mencionados actúa como un potente antioxidante al donar un electrón a los radicales libres. Como el ácido ascórbico pierde fácilmente electrones y se convierte de forma reversible en ácido deshidroascórbico, actúa como sistema de oxidorreducción bioquímica que participa en muchas reacciones del transporte electrónico, incluyendo las que participa en la síntesis del colágeno y la Carnitina y en otras reacciones metabólicas. Durante la síntesis del colágeno y la Carnitina actúa como agente reductor del hierro para mantenerlo en su estado ferroso, lo que permite que actúen las enzimas de la hidroxilación (17).

El ácido ascórbico al actuar como antioxidante va a experimentar la oxidación de un único electrón para dar radical ascorbilo y deshidroascorbato. El ascorbato es, probablemente, el antioxidante hidrosoluble más efectivo presente en el plasma. Es capaz de atrapar y reducir nitritos, inhibiendo por tanto la formación en el estómago de compuestos carcinogénicos N-nitroso. Se ha demostrado que el ácido ascórbico es un aceptor de radicales muy efectivo frente a superóxido, peróxido de hidrógeno, hipoclorito, radical hidroxilo, radical peróxido y oxígeno singulete (17,18)

Existen diversos métodos para evaluar la actividad antioxidante, ya sea in vitro o in vivo. Una de las estrategias más aplicadas en las medidas in vitro de la capacidad antioxidante total de un compuesto, mezcla o alimento,

consiste en determinar la actividad del antioxidante frente a sustancias cromógenas de naturaleza radical; la pérdida de color ocurre de forma proporcional con la concentración. No obstante, las determinaciones de la capacidad antioxidante realizadas in vitro dan tan solo una idea aproximada de lo que ocurre en situaciones complejas in vivo.

Diversos compuestos cromógenos como: ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico), DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo), DMPD (dicloridrato de N,N-Dimetil-p-fenilendiamina), DMPO (5,5 di-metil-pirrol-N-óxido) y FRAP (Poder Antioxidante de Reducción Férrica) son utilizados para determinar la capacidad de los compuestos fenólicos para captar los radicales libres generados, operando así en contra los efectos perjudiciales de los procesos de oxidación, que implican a especies reactivas de oxígeno (19).

Los métodos más aplicados son ABTS y DPPH. Ambos presentan una excelente estabilidad en ciertas condiciones, aunque también muestran diferencias. El DPPH es un radical libre que puede obtenerse directamente sin una preparación previa, mientras que el ABTS tiene que ser generado tras una reacción que puede ser química (dióxido de manganeso, persulfato potasio, ABAP), enzimática (peróxidasa, mioglobulina), o también electroquímica. Con el ABTS se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica, mientras que el DPPH solo puede disolverse en medio orgánico, y el DMPD solo en medio acuoso. El radical ABTS tiene, además, la ventaja de que su espectro presenta máximos de absorbancia a 414, 654, 754 y 815 nm en medio alcohólico, mientras que el DPPH presenta un pico de absorbancia a 515 nm, y el DMPD a 505 nm (19).

La Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) es una raíz que se produce en los valles interandinos de La Libertad y otras regiones del país, siendo importante en la alimentación por la fácil digestión de sus almidones y por ser rica en calcio, fósforo, fierro, niacina, ácido ascórbico, fibras y carbohidratos; características que le otorgan un potencial alimentario y económico (20).

Se trata probablemente de una de las plantas cultivadas andinas más antiguas y más cultivadas en la etapa preinca, cuya domesticación precedió a

la papa y el maíz. No existen vestigios que permitan identificar el área de origen, que pudo ser la zona septentrional de América del Sur, debido a la presencia de especies silvestres afines; sin embargo existen estudios que reportan a los departamentos de Cajamarca, La Libertad y Cuzco como los centros de mayor diversificación de arracacha, en altitudes de 1,500 a 3,000 msnm, con temperaturas que oscilan entre 15 y 20 °C (21).

Esta planta es conocida en Latinoamérica por diferente nombre como Laquchu, Rakkacha, Huíasampilla; y en aymara como Lakachu, Lecachu, racacha, apio criollo; en Perú como racacha virraca; entre otros siendo la denominación más común en América del Sur como “arracacha”. Tiene la siguiente clasificación botánica: División: Spermatophyta, angiosperma; Subdivisión: Magnoliophyta (Angiospermae); Clase: Magnoliatae (Dicotiledónea); Subclase: Rosidae, archichlamydeae; Orden: Umbellales (Ariales); Familia: Umbelliferae (Apiaceae); Género: *Arracacia* y Especie. *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft, esculenta.

Es una planta herbácea de porte bajo que puede alcanzar hasta 1.5 m. de altura. En relación a la producción de raíces tuberosas es una planta anual, y bianual en relación a su ciclo vegetativo, razón por la cual raras veces completa este periodo en siembras comerciales. La cosecha se realiza entre 10 y 12 meses de siembra donde la planta es extraída antes de la floración. La parte subterránea está constituida principalmente por las raíces tuberosas, en número que varía entre 4 y 10, emergen de la parte inferior de la corona; llegando a una producción de 10 toneladas por hectárea. Las raíces son ovoides, cónicas o fusiformes, con una longitud de 5 a 25 cm. y con un diámetro entre 3 y 8 cm. Las plantas que producen raíces de color amarillo tienen, generalmente, ciclo vegetativo más largo, presentan mayor resistencia a las adversidades climáticas y producen raíces más grandes. Las plantas de raíces moradas y blancas son menos resistentes a las variaciones climáticas y a veces producen raíces menores, siendo más precoces y con raíces de consistencia más suave y preferidas por los consumidores (21,22).

La arracacha debe ser considerada como un alimento esencialmente energético pues se destacan los carbohidratos en relación a los demás nutrientes (almidón + azúcares totales) y considerables niveles de minerales como calcio, fósforo, hierro, además de constituir buena fuente de vitamina A y niacina. Las proteínas de arracacha, como todas aquellas de raíces y tubérculos, son incompletas porque presentan de modo general, deficiencia en la mayoría de sus aminoácidos esenciales; la concentración de vitamina C varía de una variedad a otra pasando desde 24,78; y 19,80% en las variedades frescas amarilla y morada, respectivamente, encontrándose dentro del rango promedio para las mayorías de tubérculos y raíces (21,22,23).

En las zonas de producción forma parte de la canasta básica familiar; las raíces comestibles, muy parecidas a la yuca, son apreciadas por su agradable sabor y valor nutricional. Aunque ya se puede encontrar en algunos mercados de nuestra capital, aún pasa desapercibida, evidenciando el poco hábito de consumo de la población urbana y determinando la baja demanda del producto en los mercados. Por esto, es necesario profundizar los estudios en estos cultivos altamente promisorios y de trascendental importancia para la alimentación y desarrollo agroindustrial del país (24).

Según estudios de aceptabilidad las más sabrosas son las que tienen menos cantidad de fibra, menos resinas que la hacen menos fraganciosa, consistencia mantecosa especialmente las amarillas. Diversas pruebas de palatabilidad demuestran que su uso como purés y chifles son los de mayor preferencia que cocidos, enteros o como pastel o budín. Dentro sus usos artesanales más utilizados se encuentra el sancochado, sopas, fritado, purés, etc. (22).

A pesar de la gran cantidad de datos que existen sobre las diferentes capacidades antioxidantes de diversos alimentos, si bien en el Perú siendo un país megadiverso no cuenta para muchos de los alimentos que se cosechan dentro de nuestro territorio con una cuantificación para la capacidad antioxidante estando muy limitado esta información principalmente para aquellos productos que tienen bajo consumo por la población o los que son

oriundos o propios de una región como es el caso de algunas raíces, tubérculos, frutos, cereales, etc. que su producción es mayormente en la región de sierra, selva y en algunos lugares de la región costa.

Por tal razón con el presente estudio se va a disponer de nuevos datos que apoyen el trabajo especialmente del nutricionista en clínica y que sirva de lineamientos para diversos programas educativos e intervención que estén dirigidos para diversos grupos de la población como niños, adolescentes, jóvenes, ancianos, deportistas entre otros. Por otro lado también se espera contribuir a diseminar la importancia de ingerir aquellos alimentos que por su capacidad antioxidante protegen al organismo de la acción de los radicales libres. De igual forma, se aporta información en cuanto a la capacidad antioxidante de la arracacha, con lo cual se espera incrementar el consumo de este producto.

## **HIPÓTESIS**

- El tiempo de cocción por hervido disminuye la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Determinar el efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara.
- Determinar el efecto del tiempo de cocción por hervido sobre contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **MATERIALES**

#### **Reactivos**

- DPPH\* (2,2, difenil – 1 – picrilhidrazil)
- Metanol
- Ac Gálico
- Reactivo de Folin y Ciocalteu
- Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

#### **Material biológico**

*Arracacia xanthorrhiza*: arracacha; fue fresca y adquirida por conveniencia con procedencia del departamento de San Martín.

#### **Equipo**

Para la medición de la absorbancia se utilizó un Espectrofotómetro marca Génesis.

## **MÉTODOS**

### **Tipo de estudio**

Experimental, analítico, longitudinal y prospectivo (25).

### **Población**

Una variedad de *Arracacia xanthorrhiza*: arracacha amarilla; se tuvo en consideración su estado de maduración, contemplando que no tenga brotes ni cascara verde y que no esté deshidratada o arrugada.

### **Muestra biológica**

Variedad de *Arracacia xanthorrhiza*: arracacha amarilla

### **Unidad de análisis**

Extracto acuoso de la variedad de arracacha con y sin cáscara.

### **Operacionalización de variables**

#### ***Variables dependientes***

- Capacidad antioxidante: Propiedad que tiene una o más moléculas o compuestos de prevenir o retardar la oxidación de otras moléculas que producen los radicales libres de oxígeno (adaptado de (26)).
- Contenido de polifenoles totales: Cantidad de compuestos provenientes del metabolismo secundario de las plantas que se caracterizan por la presencia de uno o más anillos tipo benceno (13,27).

#### ***Variable independiente***

- Tiempo de cocción: Periodo que transcurre durante el proceso de cocido capaz de transformar física y/o químicamente el



aspecto, la textura, la composición y el valor nutritivo de un alimento mediante la acción del calor (28)

### **Indicador**

- CI50 (concentración del antioxidante que reduce 50% de la solución DPPH\*
- Porcentaje de reducción de la solución DPPH\*.
- Contenido de polifenoles totales: mg Acido Gálico / g muestra problema
- Tiempo de cocción por hervido a nivel del mar: 0 min (crudo), 10 min, 15 min y 20 min

### **Preparación de la muestra**

- Lavado, pesado y pelado de la arracacha para la muestra sin cascara; mientras que para la muestra con cascara será lavada y sancochada en agua hirviente a nivel del mar en los tiempos de: 0 (crudo), 10, 15 y 20 min.
- La obtención del extracto fue hecha en la proporción de 1:15 en agua destilada, previamente la muestra fue homogenizada mediante un rayado (cruda) o machacado (cocida). El extracto fue sometido a baño maría a 50 °C por un tiempo de 30 minutos, finalmente se filtró y separo el sobrenadante. Todo este proceso fue realizado por triplicado.
- Posterior a ello se midió los volúmenes de los tres sobrenadantes y llevado a evaporación en una estufa a una temperatura de 50 °C por 48 horas, hasta la obtención de residuo sólido.

### **Determinación de la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales**

El método para determinar la capacidad antioxidante es el DPPH\* (2,2- Difenil-1-picrilhidrazilo) basado en la reducción del radical libre

estable 2,2- Difenil-1-picrilhidrazilo a la hidracina correspondiente, la coloración será cambiante un color azul morada a un ámbar (29).

El método a utilizado para determinar los polifenoles totales fue el desarrollado por Folin y ciocalteu, se fundamenta en su carácter reductor y es el más empleado (30,31).

### **Capacidad antioxidante**

- Una vez obtenido el residuo sólido del sobrenadantes, se utilizó una pequeña cantidad (mg), para realizar una dilución a diferentes concentraciones (1000, 500, 250 y 100 µg/ml), el cual se utilizó para la determinación de la capacidad antioxidante.
- Posterior a ello se construyó el sistema constituido por metanol, extracto y solución DPPH\* (0.1mM).

---

	<b>Blanco</b>	<b>Control</b>	<b>Muestra problema</b>
<b>Metanol</b>	1.2 mL	0.4 mL	--
<b>Extracto</b>	--	--	0.4 mL
<b>DPPH (0.1mM)</b>	--	0.8 mL	0.8 mL

---

- Mezclar en reposo y en oscuridad por un tiempo de 30 minutos
- Hacer la lectura a una longitud de onda de 517 nm.

Las sustancias antioxidantes de la muestra reaccionaron con el DPPH\* y la reducción del reactivo fue medido por las absorbancias a 517 nm (32,33,34). Los extractos fueron evaluados por triplicado, a diferentes concentraciones utilizándose como control, vitamina C.

La expresión de los resultados se realizó de la siguiente manera:

- CI<sub>50</sub>: concentración de la muestra (µg/ml) que reduce la absorbancia de la solución de DPPH\* en un 50%. Un menor valor de CI<sub>50</sub> indica mayor capacidad antioxidante, ya que requiere menos cantidad de la muestra para disminuir un 50% de la absorbancia de la solución de DPPH\*.

- Porcentaje de reducción de la solución DPPH\*: reducción de la absorbancia de la solución DPPH frente al extracto expresado en porcentaje, que la muestra ha logrado reducir.

$$\text{Porcentaje de reducción de la solución DPPH}^* = \frac{\text{Abs control} - \text{Abs extracto}}{\text{Abs control}} \times 100$$

### ***Polifenoles totales***

- Se preparó una curva de calibración de ácido Gálico de: 40 20 10 y 5 µg/ml.
- Los extractos se prepararon en soluciones de concentración de 200 µg/ml y construyo el siguiente sistema:

	<b>Blanco</b>	<b>Extracto</b>	<b>Estándar</b>
<b>Est. de Ac Gálico</b>	--	--	0.5 ml
<b>Extracto</b>	--	0.5 mL	--
<b>Rvo Folin C (1:1) con H<sub>2</sub>O</b>	1.25 mL	1.25 mL	1.25 mL
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 7.5 g%</b>	1 mL	1 mL	1 mL
<b>Agua</b>	0.5 mL	--	--

- Llevado a Baño María 50 ° C por un tiempo de 10 minutos
- Enfriar.
- Hacer la lectura a una longitud de onda de 760 nm.

Los Fenoles Totales se expresaran en términos de mg Acido Gálico / g extracto (35).

### **Análisis de datos.**

Los resultados obtenidos se analizaron en el programa EXCEL y luego se compararon la capacidad antioxidante y polifenoles totales de la arracacha según los tiempos de cocción ya establecidos. Para comparar la capacidad antioxidante y polifenoles totales de arracacha se usó la prueba de inferencia estadística de ANOVA con un nivel de significancia de 95% para determinar si hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras.

## **RESULTADOS**

En tabla 1 se puede apreciar los porcentaje de reducción la solución DPPH\* y la concentración que reduce al 50% de la solución DPPH\* expresado como CI50, según los tiempos de cocción por hervido de la *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara y de la vitamina C; encontrando una diferencia estadística significativa entre los diferentes tiempos de cocción de la arracacha con cáscara ( $p = 0.0018$ ) y sin cáscara ( $p = 0.0418$ ), con un nivel de confianza de 95%.

En el grafico 1 se observa el porcentaje de reducción de la Arracacha en crudo y cocido con y sin cáscara sobre la generación de radicales libres de la solución de DPPH\*, donde la arracacha en crudo con cáscara presenta el porcentaje de reducción de DPPH\* más elevado en un 72%, mientras que la arracacha en crudo sin cáscara redujo solo un 63% aproximadamente. Al iniciar con la cocción por hervido se observa que hay una pérdida de la capacidad antioxidante en este producto, llegando hasta un 38% de reducción en la arracacha con cáscara y hasta un 33% de reducción en la arracacha sin cáscara pasado los 20 minutos de cocción por hervido respectivamente.

En el grafico 2 se observa las concentración de la Arracacha en crudo y cocido con y sin cáscara, para lograr reducir a un 50% la solución de DPPH\* de generación de radicales libres. Siendo 596  $\mu\text{g/ml}$  la menor concentración (Arracacha en crudo con cáscara) y 1377  $\mu\text{g/ml}$  la mayor concentración (Arracacha en cocido por 20 minutos sin cáscara) que se necesitaría para lograr reducir a un 50% de la solución de DPPH\*.

En el grafico 3 se muestra la curva de calibración del ácido Gálico, dando un factor de calibración de 40.7 utilizado para la determinación del contenido de polifenoles totales.

En el grafico 4 se aprecia el contenido de polifenoles totales de la Arracacha en crudo y en los diferentes tiempos de cocción con y sin cáscara. El valor más elevado fue para la muestra de arracacha en crudo y con cáscara ( $13.3 \pm 0.4$  mg EAG/g) y el menor valor para la muestra de postcocción por hervido de 20 minutos en la arracacha sin cáscara ( $4.74 \pm 0.2$  mg EAG/g).

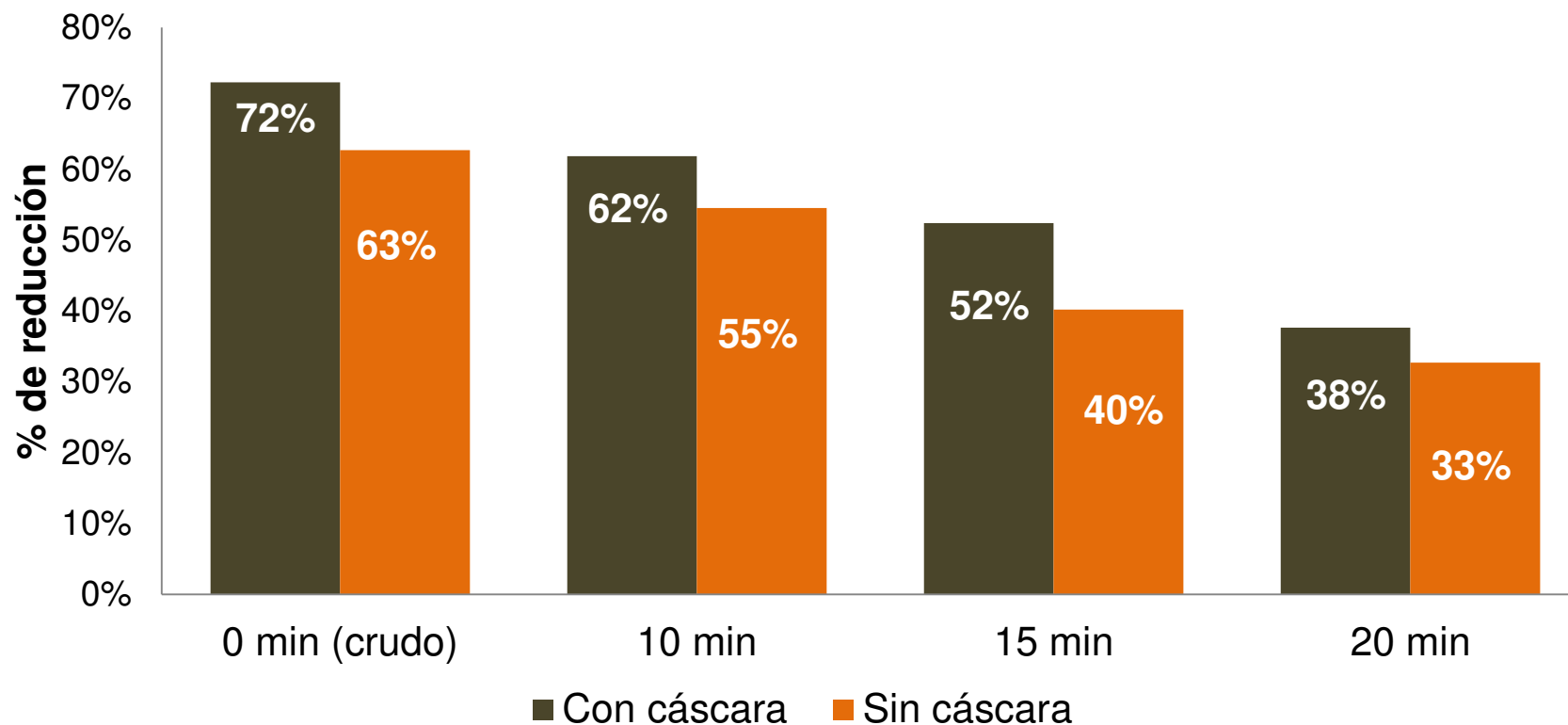
Al realizar la correspondencia entre los valores de IC50 determinados por la prueba de DPPH y el contenido de polifenoles totales de la Arracacha en crudo y cocido con y sin cáscara (gráfico 5), se obtuvo un  $R^2$  de 0,9041 para la muestra con cáscara y un valor de  $R^2$  de 0,9712 para la muestra sin cáscara, lo que permitiría establecer que a mayor contenido de polifenoles totales presentes en la Arracacha en crudo y cocido con y sin cáscara, menor IC50.

*Tabla 1: Porcentaje de reducción de DPPH y capacidad antioxidante de la Arracacha en crudo y cocido con y sin cáscara.*

Arracacha		Tiempo de cocción								Vit C [10 µg/ml]
		0 min		10 min		15 min		20 min		
		C/C	S/C	C/C	S/C	C/C	S/C	C/C	S/C	
% Reducción de DPPH*	100 µg/ml	20.5%	15.6%	16.4%	8.9%	10.5%	7.6%	8.3%	4.1%	53.9%
	250 µg/ml	33.2%	27.4%	27.2%	16.3%	23.1%	13.3%	12.1%	10.4%	
	500 µg/ml	51.0%	40.9%	36.0%	33.7%	35.8%	26.7%	24.1%	18.2%	
	1000 µg/ml	72.3%	62.7%	61.8%	54.5%	52.4%	40.2%	37.6%	32.7%	
CI 50 (µg/ml) ± DE		595.6 ± 18	737.2 ± 76	738.4 ± 49	977.2 ± 82	825.9 ± 57	1231.7 ± 325	1330.4 ± 289	1376.9 ± 247	9.8 ± 0.5

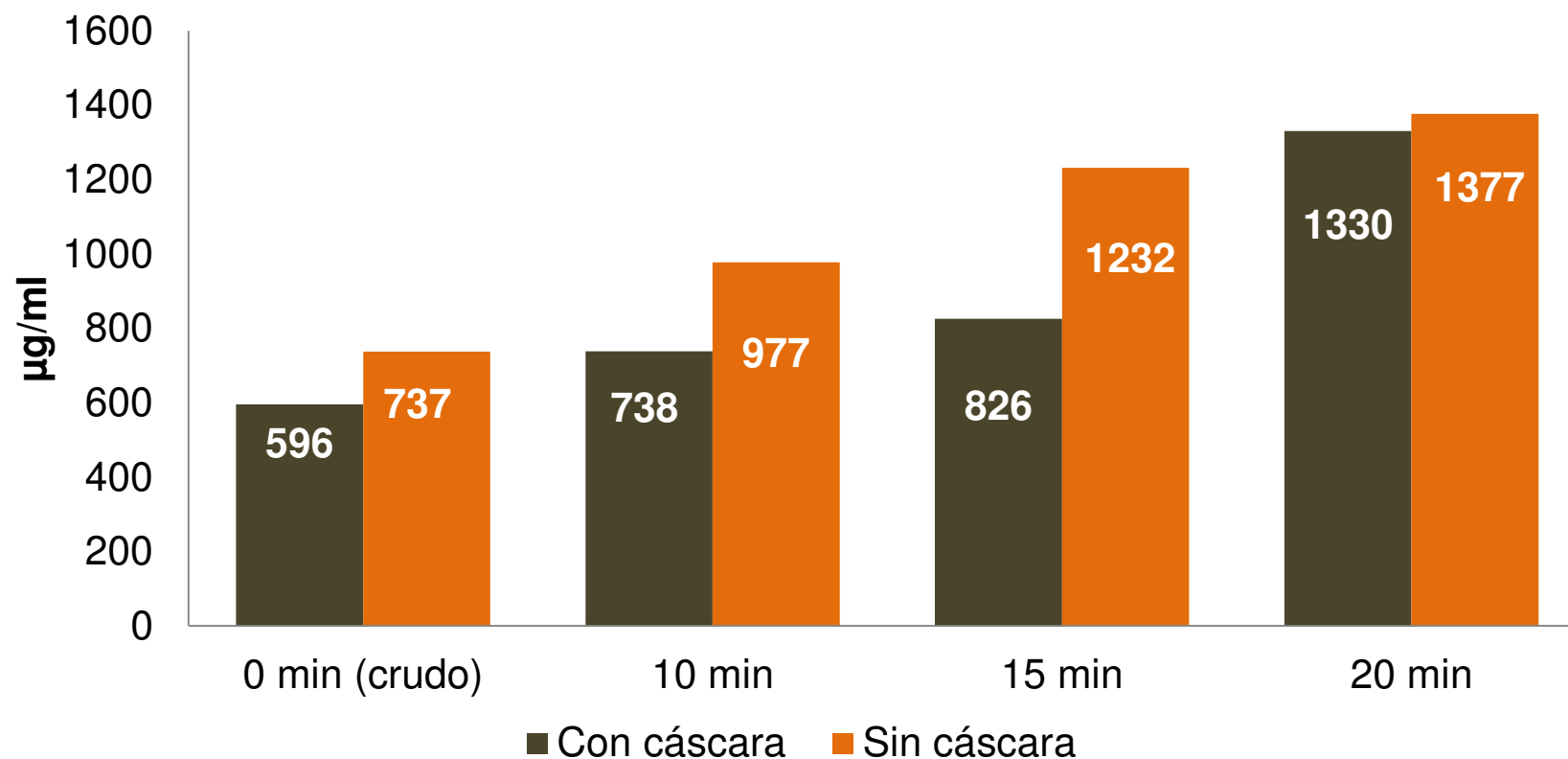
**CI 50:** Concentración que reduce al 50% la solución DPPH\*.

**Efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara**



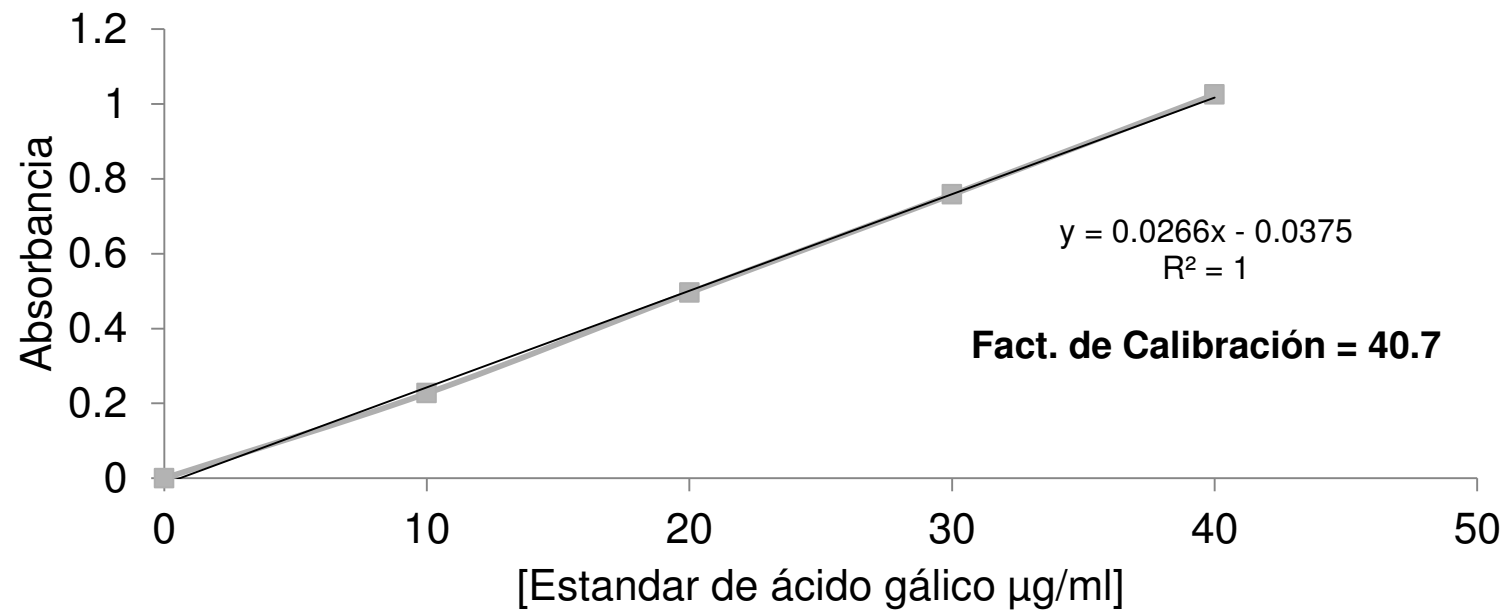
*Grafico N° 1 Porcentaje de reducción de la solución de DPPH a una concentración de 1000 ug/ml de la Arracacha en crudo y cocido con y sin cáscara*

*Efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en Arracacia xanthorrhiza (arracacha) con y sin cáscara*



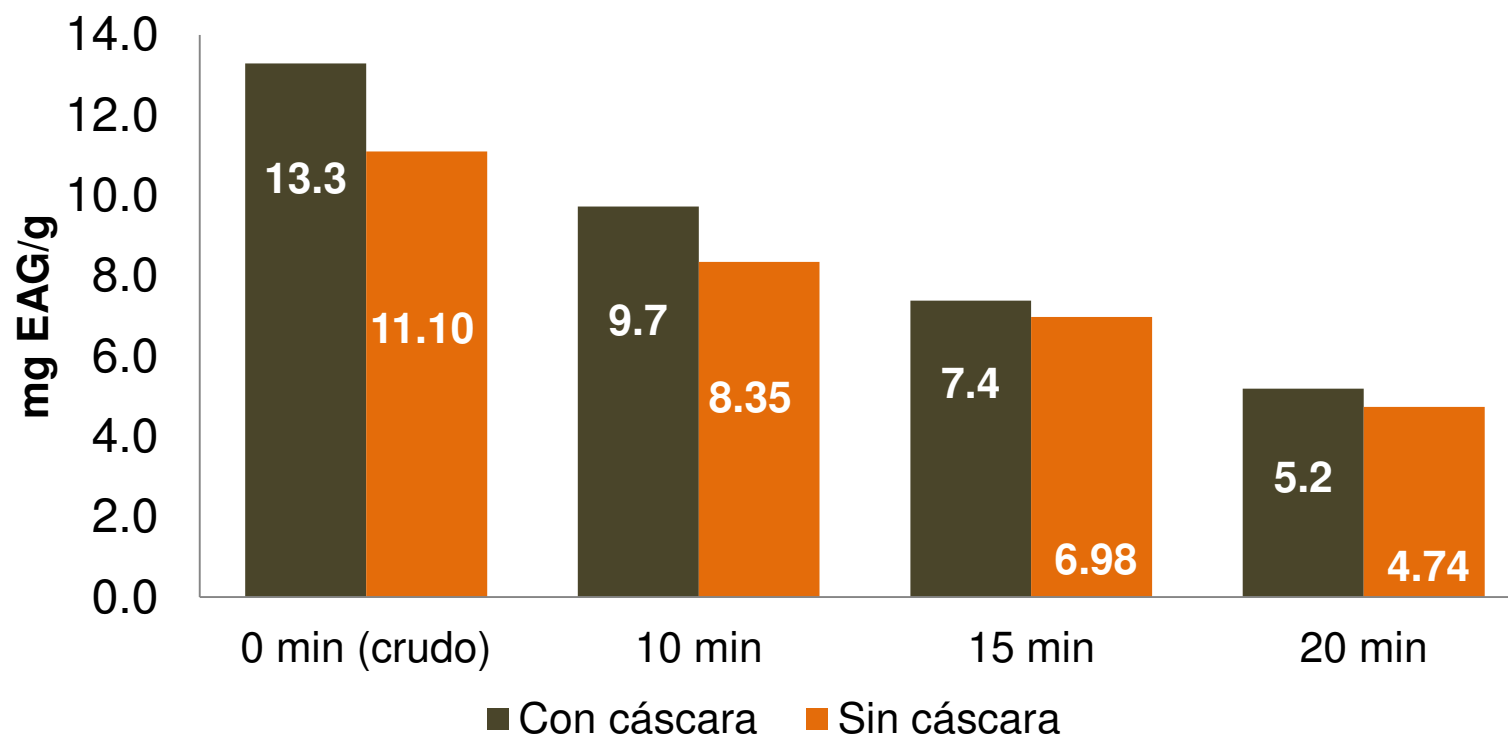
*Grafico N° 2 CI50 de la Arracacha en crudo y cocido con y sin cáscara sobre la solución de DPPH*





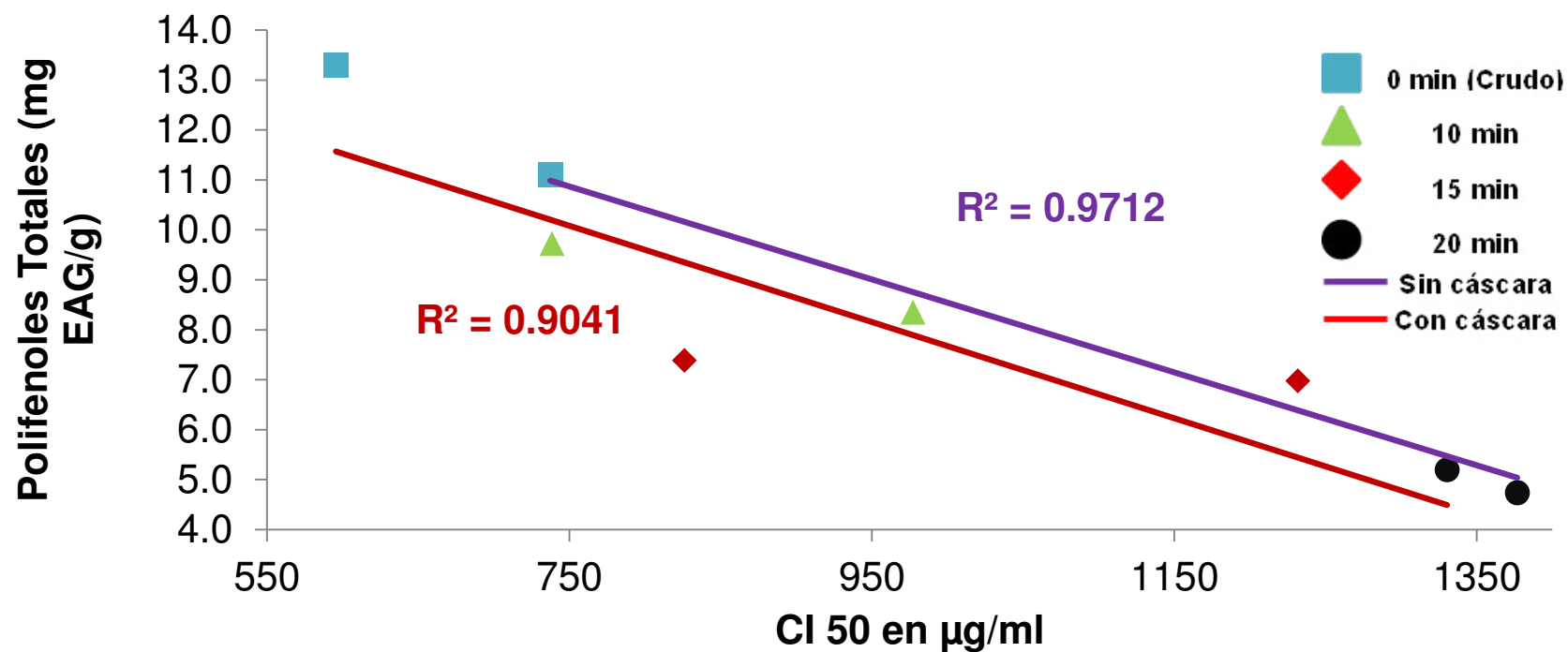
*Grafico N° 3 Curva de calibración del Ácido Gálico*

*Efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en Arracacia xanthorrhiza (arracacha) con y sin cáscara*



*Grafico N° 4 Contenido de polifenoles totales de la Arracacha en crudo y cocido con y sin cáscara.*

*Efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en Arracacia xanthorrhiza (arracacha) con y sin cáscara*



*Grafico N° 5 Correlación entre la actividad antioxidante y el contenido de polifenoles totales de la Arracacha con y sin cáscara, según tiempo de cocción.*

## **DISCUSIÓN**

El organismo humano cuenta con un gran sistema enzimático antioxidante generado tanto endógeno como exógenamente, a su vez esto es dependiente de una serie de vitaminas y minerales provenientes de la dieta; siendo algunos nutrientes como la vitamina E, vitamina C, beta caroteno y compuestos bioactivos, entre los que se destacan a los polifenoles y licopenos, que actúan como antioxidantes sin estar asociados a enzimas específicas; de todos ellos los polifenoles son los antioxidantes más abundantes y su ingesta puede alcanzar a 1 g/persona/día, siendo su consumo varias veces mayor a la de los nutrientes antioxidantes (9,10,11,12).

Es innegable lo mostrado en diversos trabajos de investigación que los antioxidantes tienen una estrecha relación con la prevención de diversas enfermedades en el ser humano; pero las recomendaciones alimentarias como las del modelo de la pirámide alimentaria, si bien aconsejan aumentar el consumo de frutas y verduras, pero no hacen una recomendación en forma específica en aquellos alimentos con mayor capacidad antioxidante. Los alimentos difieran en su poder antioxidante y por lo tanto en su eventual capacidad para disminuir los riesgos de las enfermedades crónicas no transmisibles siendo un aspecto que frecuentemente es olvidado en las recomendaciones alimentarias.

Existen diversos factores que influyen sobre la capacidad antioxidante de los alimentos in vitro o in vivo. Por ejemplo es destacable el hecho que los polifenoles le confieren a los alimentos colores acentuados con diferentes matices que los hacen atractivos al consumidor o el hecho de someter al alimento alguna forma de cocción, o el simple hecho de consumirlo con o sin cáscara, etc. harán que un alimento tenga más o menos capacidad antioxidante; es por ello en el presente trabajo se determinó el efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara, sobre la generación de radicales libres de la solución de DPPH.

La medición de los antioxidantes individuales por separado no permite conocer con certeza la capacidad antioxidante total de un fluido biológico por los efectos sinérgicos que puedan establecerse entre los antioxidantes presentes en él (36).

Diferentes métodos se han desarrollado para determinar la capacidad antioxidante total, son todos métodos de inhibición, donde se usa una especie generadora de radicales libres y una sustancia que detecta a estas especies. La actividad antioxidante de la muestra añadida inhibe la generación de estos radicales. En el presente estudio se utilizó el sistema generador de radicales libres DPPH<sup>\*</sup>; se utilizó este método con la finalidad de observar la capacidad antioxidante de la *Arracacia xanthorrhiza* la cual a mayor concentración la densidad óptica variaba esto reflejaría la capacidad antioxidante de la muestra analizada, así también se observaba una diferencia del color en comparación con el blanco reactivo (morado intenso), a medida que la concentración aumentaba el color cambia a un ámbar.

La capacidad antioxidante está relacionada con la concentración de la muestra. Al analizar los resultados obtenidos en el presente trabajo, se observa que a una misma concentración (1000 µg/ml) el porcentaje de reducción de la Arracacha en crudo y cocido con y sin cáscara sobre la generación de radicales libres de la solución de DPPH<sup>\*</sup>, muestra a la arracacha en crudo con cáscara el porcentaje de reducción de DPPH<sup>\*</sup> más elevado en un 72%, mientras que la arracacha en crudo sin cáscara redujo solo un 63% aproximadamente.

Con los resultados encontrados se puede demostrar que la cocción por hervido genera una mayor pérdida de la capacidad antioxidante, llegando hasta un 38% de reducción en la arracacha con cáscara y hasta un 33% de reducción en la arracacha sin cáscara pasado los 20 minutos de cocción por hervido respectivamente. Siendo 596 µg/ml la menor concentración (Arracacha en crudo con cáscara) y 1377 µg/ml la mayor concentración (Arracacha en cocido por 20 minutos sin cáscara) que se necesita para lograr reducir a un 50% de la solución de DPPH<sup>\*</sup>.

Los cambios en la capacidad antioxidante en el presente trabajo se puede deber a la disminución que ocasiona el tiempo de cocción por hervido sobre el contenido de polifenoles; inicialmente la muestra en crudo presenta una concentración de polifenoles de  $13.3 \pm 0.4$  mg EAG/g para la muestra con cáscara y  $11.1 \pm 0.5$  mg EAG/g para la muestra sin cáscara; pasado los 20 minutos de cocción estos valores cambian a una concentración de 5.2 y 4.7 mg EAG/g respectivamente. Otro de los factores que puede alterar la capacidad antioxidante vendría hacer la concentración de vitamina C, que por ser termolábil e hidrosoluble suele haber pérdidas significativas.

Estudios similares realizados en variedades en papas muestra que el mayor contenido de antocianinas totales, se determinó en las variedades Tushpa (188,60 mg/100 g) y Yana shungo con 168,13 mg/100g en estado crudo. No obstante, los diferentes procesos afectaron estos valores, en menor grado el pelado en la variedad Tushpa (151,66 mg/100 g) y la cocción con vapor en Yana shungo (144,69 mg/100 g). Las antocianinas monoméricas también fueron afectados disminuyendo de 2,24 a 1,98 mg/100 g, en las variedades roja y amarilla, por efecto de la cocción de los tubérculos a presión normal. Los procesos de pelado en Yana shungo y cocción a presión normal en la variedad Tushpa, provocaron una menor pérdida de taninos. En estas variedades el nutriente más afectado fue la vitamina C siendo el proceso que más afectó a este nutriente fue la cocción a presión normal, provocando pérdidas en el orden del 30 y 33 % (37).

Un estudio realizado en cuatro variedades de papa postcocción con y sin cáscara, muestra los porcentajes de inhibición de las cuatro variedades de papa estudiadas (amarilla, huevo de indio, canchan serrana y aceituna) cruda y cocida, con y sin cáscara frente al 2, 2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•); donde se denota que conforme se incrementa la concentración de los extractos de las diferentes variedades, el porcentaje de inhibición también aumenta; resaltando que, en todas las variedades estudiadas, las papas crudas y con cáscara presentan mayor porcentaje de inhibición a las concentraciones evaluadas. Sin embargo las papas cocidas sin cáscara son las que presentan menores

porcentajes de inhibición (38). Estos resultados también son corroborados por otro investigador, en cuyo trabajo de investigación, las papas crudas con cáscara también fueron las que redujeron en mayor porcentaje a la solución DPPH• en relación a las papas sin cáscara (39).

Otro estudio que midió el efecto que produce el tratamiento térmico sobre la actividad antioxidante de jugos de pomelo, naranja y mandarina, concluye que a mayor tiempo y temperatura si bien elimina la posibilidad de daño microbiológico y reduce la actividad enzimática, afectan la calidad del producto, produce la pérdida de componentes termolábiles (vitamina C) y termosensibles responsables de las propiedades sensoriales y nutricionales de los alimentos. La calidad de los alimentos esterilizados difieren mucho de los frescos, particularmente el aroma, las vitaminas y componentes volátiles de estos productos son influenciados dramáticamente por los tratamientos térmicos (40).

Morillas, encontró una relación directa entre todos los productos evaluados entre el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante; siendo la papa y la betarraga con mayor contenido de polifenoles y capacidad antioxidantes respectivamente; concluyendo que parte los resultado mostrados fueron por los altos niveles de vitamina C o de carotenos que contienen estas alimentos, además por ser ricos en polifenoles, es decir, los fitoquímicos presentes en los alimentos con un marcado poder reductor (41).

Yildirim en un trabajo llegan a una conclusión. Trabajaron sobre hojas y semillas de *Rumex crispus* L., verificando que el poder reductor de los extractos aumenta con la concentración de los mismos, presentando una correlación estadísticamente significativa( $r=0,99$ ) entre los compuestos fenólicos totales y el poder reductor. También establecieron correlaciones estadísticamente significativas entre el contenido de fenoles totales y la capacidad de capturar radicales libres por DPPH, así como entre el poder reductor y capacidad de capturar radicales libres por DPPH. Finalmente, su conclusión fue: dado que a medida que el contenido de fenoles totales aumenta, el poder reductor aumenta; que el poder reductor de un compuesto

depende de la capacidad de transferir electrones del propio compuesto; por lo tanto, el poder reductor de un compuesto puede servir como un indicador significativo de su potencial actividad antioxidante (42).

Fuhrman en su trabajo sostienen que la capacidad antioxidante de los vinos blancos estuvo directamente proporcional a su contenido en polifenoles (43), Yen llegó a comprobar que el poder reductor de algunos polifenoles (anthrone y la alizarina polifenoles del tipo de las antraquinonas) aumentó con un aumento en la concentración de estos productos (44).

Zheng y Wang comprobaron que los flavonoides, que contienen múltiples grupos hidroxilo, tienen mayor actividad antioxidante contra los grupos peroxilo, que los ácidos fenólicos (45). También establecieron una correlación lineal positiva entre el contenido fenólico y la capacidad antioxidante de distintas hierbas culinarias y medicinales. Kähkönen determinaron la existencia de correlación estadísticamente significativa entre el contenido de flavonoides y la actividad antioxidante, así como entre el contenido de ácidos hidroxycinámicos y la actividad antioxidante (46).

Estudios realizados en variedades de camote frente a los Sistema Ascorbato/Cu – II (Radical Hidroxilo) y el Sistema PMS/NBT/NADH (radical superóxido), muestran de igual forma que a medida que aumenta la concentración de la muestra, mayor será la acción antioxidante; es decir se reducirá la formación de malonaldehído. Al comparar las tres variedades de Ipomoea Batata determinaron que para ambos sistemas generadores de radicales libres la que obtuvo mejores resultados fue la variedad de I.B morada seguida por la variedad naranja y amarilla. Así también se observó que las tres variedades de Ipomoea Batata poseen una mayor acción antioxidante frente a radicales hidroxilos ampliamente conocidos por ser los más dañinos para el organismo humano (47).

Para valorar las pérdidas de la actividad antioxidante, un trabajo de investigación cuantificó los compuestos y propiedades antioxidantes en 16 especies vegetales en estado crudo y procesado, se sometieron a varios



tratamientos tecnológicos cada especie, se determinó los compuestos antioxidantes como: antocianinas totales, monoméricas, color polimérico, fenoles, flavonoides, taninos, vitamina C, zinc, vitamina E y carotenoides. Las propiedades antioxidantes se determinaron por tres métodos: poder reductor, efecto quelante y efecto del bloqueo sobre el radical libre, se evaluó su estabilidad a diferentes condiciones de almacenamiento (efecto de la luz y temperatura). Del análisis de los resultados se concluye que la mejor especie son los componentes del Sangorache Línea 17758, así las hojas en estado crudo presentaron un mayor contenido de fenoles totales (384,91 mg/100g), flavonoides (101,10 mg/100g), taninos (125,32 mg/100g), zinc (4,59 mg/100g) y carotenoides totales (80338,4 µg/ 100g). En las panojas se encontró un mayor contenido de antocianinas totales (152,90 mg/100g), color polimérico en agua (26,59%), en bisulfito sódico (10,25%), vitamina C (587,35 mg/100g), zinc (4,54 mg/100g) y carotenoides totales (80338,4 µg/100g). En cuanto a la actividad antioxidante, las hojas de Sangorache presentaron un mayor valor de IC<sub>50</sub> (25,95 mg/ml). Este resultado se corroboró a través de la medición de la capacidad del extracto de hojas para reducir los iones férricos (IC<sub>50</sub>= 2,78 mg/ml). Durante los procesos tecnológicos a los que se sometieron las especies se destaca que el proceso de menor afectación sobre los compuestos y actividad antioxidante es el remojo, cocción a vapor y pelado; frente al horneado y cocción a presión normal (48).

Otro estudio evaluó la capacidad antioxidante de los extractos acuosos de la raíz y las hojas de *smallanthus sonchifolius* (yacón). Se observa que los extractos de hojas presentan valores de IC menores que las raíces, lo que significa que tienen mayor capacidad para captar los radicales libres. Los IC<sub>50</sub>, disminuyen a medida que la proporción de extracto de hoja de yacón aumenta en la mezcla, alcanzando el valor más bajo (26,1 µg/mL ± 0,6) en la relación 0/100 raíz/hoja. Empleando ácido ascórbico como referencia obtienen un IC<sub>50</sub> de 1,72 ± 0,046 µg/mL, correspondiendo una capacidad antioxidante equivalente a vitamina C (VCEAC) de 6 590 mg/100 g para el extracto de hoja del yacón. En el caso del extracto de la raíz del yacón, el IC<sub>50</sub> fue de 346,4 µg/mL y un VCEAC de 497 mg/100 g (49).

Dentro de las limitantes del presente trabajo se puede mencionar la importancia que tendría el incluir las diferentes formas de preparación de cómo se consume la arracacha. Así mismo es importante resaltar que la gran cantidad de métodos para evaluar capacidad antioxidante son variables unas de las otras; por lo cual, sería importante realizar estudios comparativos con diferentes técnicas y/o métodos.

## **CONCLUSIONES**

- El tiempo de cocción por hervido disminuye la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara.
- La *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) cruda y con cáscara presenta mayor capacidad antioxidante y mayor porcentaje de reducción de la solución de DPPH.
- El mayor contenido de polifenoles totales se encontró en la *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) cruda y con cáscara.
- Se obtuvo una correlación entre la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales con un ( $r= 0,9041$ ) para la muestra con cáscara y un valor de ( $r= 0,9712$ ), para la muestra sin cáscara; lo que permite establecer que a mayor contenido de polifenoles totales presentes en la Arracacha en crudo y cocido con y sin cáscara, menor será el valor IC50.

## **RECOMENDACIONES**

- Consumir la arracacha con su cáscara para aprovechar mejor el buen aporte de antioxidante; ya sea en forma de extractos como sancochado.
- Hacer una investigación en busca de flavonoides totales, los porcentajes de pérdidas de vitamina C y otros metabolitos secundarios con potencial antioxidante.
- Realizar el estudio de la capacidad antioxidante en otros alimentos de mayor consumo de la población y en diferentes formas de preparación; para de esta manera contrarrestar el actual incremento de la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles asociadas a inadecuados hábitos alimenticios.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Málaga G. Las enfermedades crónicas no transmisibles, un reto por enfrentar. Rev. perú. med. 2014; 31(1).
2. World Health Organization. Peru - Noncommunicable diseases. [Online].; 2011 [cited 2013 Agosto 27. Available from: [http://www.who.int/nmh/countries/per\\_en.pdf](http://www.who.int/nmh/countries/per_en.pdf).
3. Speisky C. H, Jiménez T. I. Radicales libres y antioxidantes en la prevención de enfermedades: (I) mecanismos de generación de radicales libres. Rev. chil. nutr. 2000; 27(1).
4. Speisky C. H, Jiménez T. I. Radicales libres y antioxidantes en la prevención de enfermedades: (III) mecanismos de generación de radicales libres. Rev. chil. nutr. 2000 Diciembre; 27(3).
5. García Triana , Saldaña Bernabeu A, Saldaña García L. El estrés oxidativo y los antioxidantes en la prevención del cáncer. Rev haban cienc méd. 2012 junio ; 12(2).
6. Alonso N. Actividad antioxidante de *Satureja macrostema*. [tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Alimentos]. Mexico: Insituto Politecnico Nacional - Escuela Nacional de Ciencias Biologicas; 2009.
7. Fundación del consejo internacional de información alimentaria. Datos informativos de los alimentos funcionales: antioxidantes. [Online].; 2006 [cited 2014 agosto 28. Available from: <http://www.foodinsight.org/>.
8. López R. R, Echeverri F.. ¿Son seguros y efectivos los antioxidantes? Scientia Et Technica. 2007; 8(33).
9. Zamora S D. Antioxidantes: micronutrientes en lucha por la salud. Rev. chil. nutr. 2007 Marzo ; 34(1).
10. Carranco M. , Calvo C. , Pérez F.. Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2011; 61(3).
11. Hernández M, Prieto González E. Plantas que contienen polifenoles: Antioxidantes dentro del estilo de vida. Rev Cubana Invest Bioméd. 1999 Abril; 18(1).
12. Robbins R. Ácidos fenólicos presentes en los alimentos: una visión general de Analítica Metodología. J. Agric. Food Chem. 2003; 51.
13. Padilla C, Rincón AM, Rached L. Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. Archivos latinoamericanos de nutrición. 2008; 58(3).

14. Cristina Paladino. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos contenidos en las semillas de la vid (*Vitis vinifera* L). [tesis para obtener el grado de Maestra en alimentos]. Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias - UNCuyo; 2008.
15. Meléndez Martínez A, Vicario M, Heredia J. Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. Archivos latinoamericanos de nutrición. 2004 junio ; 54(2).
16. Blanco de Alvarado Ortiz T. Alimentación y nutrición fundamentos y nuevos criterios Lima : universidad peruana de ciencias aplicadas; 2011.
17. Katheleen L M, Escott S S, Raymond L J. Krause Dietoterapia. 13th ed. España : Elsevier; 2013.
18. Zapata LM, Gerard L, Davies C, Schvab MdC. Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates. Cienc. docencia tecnol. 2007;(35).
19. Kuskoski EM, Asuero AG, Troncoso AM, Mancini Filho J, Fett R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Cien Tecnol Aliment. 2005; 25(4).
20. Gutiérrez A. Nueva aparcería en la producción de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) en Cajamarca (Colombia). En Cuad. Desarro. Rural. 2011; 8(67).
21. Amaya Robles JE, Julca Hashimoto JL. "ARRACACHA" *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. Biodiversidad y Conservación de los Recursos Fitogenéticos Andinos. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Conservación del Medio Ambiente. 2006.
22. Jiménez Ramos FS. Características nutricionales de la arracacha (*arracacia xanthorrhiza*) y sus perspectivas en la alimentación. Red Peruana de Alimentación y Nutrición. 2005 Enero .
23. Rodríguez D , Espitia M , Caicedo Y , Córdoba Y , Baena Y , Mora C. Caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). Rev. Col. Cienc. Quím. Farm. 2005; 34(2).
24. Palacios R , Morales M , Arias G. Evaluación químico bromatológica de tres variedades de *arracacia xanthorrhiza* "arracacha". Ciencia e Investigación. 2011; 14(2).
25. Argimon Pallás JM. Metodos de investigacion clinica y epidemiológica. 4th ed. España: Elsevier S.A; 2012.
26. Cofro-Chile. Analisis de los Antioxidantes: ¿Qué y cómo se deben medir? [Online].; 2012 [cited 2014 septiembre 20. Available from: <http://www.portalantioxidantes.com/analisis-de-antioxidantes/>.
27. Trandafir , Nour V, Ionica ME. Antioxidant capacity, phenolic acids and caffeine contents of

- some commercial coffees available on the Romanian market. Archivos latinoamericanos de nutrición. 2013; 63(1): p. 87-94.
28. Caracuel García A. Técnicas de cocción saludables aplicables a la alimentación mediterránea. Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental. 2008 Diciembre; 21(1).
29. W. Brand-Williams, M. E. Cuvelier, C. Berset. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 1995; 28(25-30).
30. Folin C, Ciocalteu V. Tyrosine and tryptophan determination in proteins. J. Biol. Chem. 1927; 73(27-650).
31. Singleton VL, Orthofer RO, Lamuela-Raventós R. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. Methods Enzymol. 1999; 299(152–178).
32. Ramos, Castañeda B, Ibáñez L. Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas nativas e introducidas. Rev Acad Perú Sald. 2008; 8(1).
33. Aubad P, Rojano B, Lobo T. Actividad antioxidante en musgos. Scient Techn. 2007; 13(33).
34. Orondo R, Rubén V, Raquel O, Arnao I. Evaluación de la capacidad antioxidante y el índice glicémico de los frutos promisorios amazónicos del Perú. Anales de la Facultad de Medicina. 2012 Diciembre; 73(1).
35. Marquina V, Araujo, Ruíz, Rodríguez-Malaver. Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava* L.). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2008; 58(1).
36. Ángel GZ, Luis LR, Isabel GG, Octavio G. Capacidad Antioxidante Total en Alimentos Convencionales y Regionales de Chiapas, México. Mundo Alimentario. 2012.
37. Tanquina Paramo IM, Villacrés E, Ramos M. Retención de compuestos y actividad antioxidante en variedades de papa sometidas a diferentes condiciones de procedimiento en Ecuador. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. 2011.
38. Soto Vásquez M, Ruesta Trujillo J, Merejildo Baca R. Capacidad antioxidante in vitro de cuatro variedades de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. "papa" (cruda y cocida, con y sin cáscara) frente al 2, 2-difenil-1-picrilhidrazil. Revista Farmaciencia. 2014; 2(1).
39. Llanos Córdova EM. Capacidad antioxidante de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) con y sin cáscara: blanca, amarilla y rosada. Tesis para optar el título

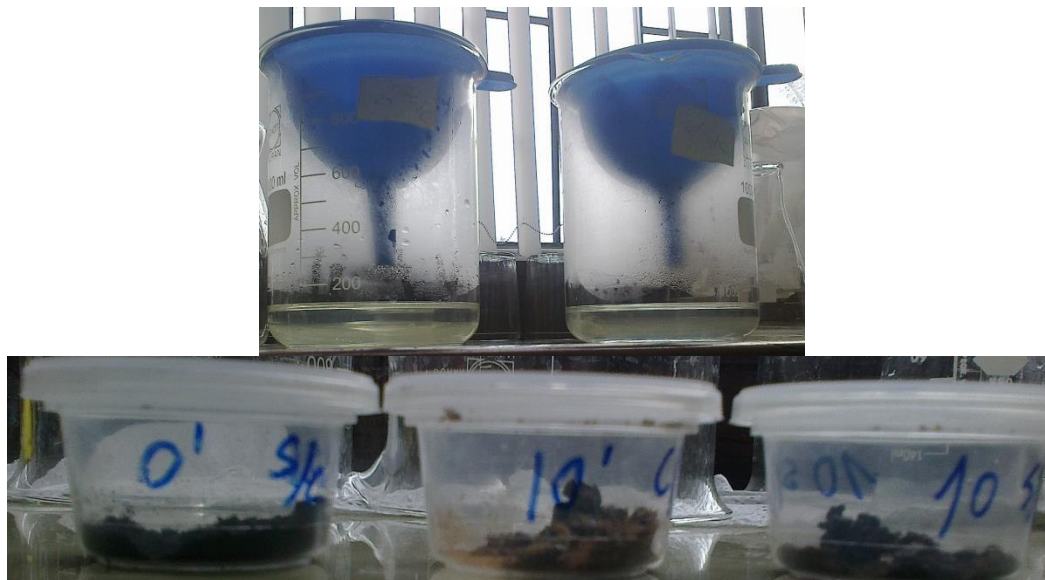
profesional de Licenciada en Nutrición - UNMSM. 2009.

40. Acevedo B, Montiel M, Avanza J. Efecto del tratamiento térmico en la capacidad antioxidante total de jugos de pomelo, naranja y mandarina. Laboratorio de Tecnología Química - Facultad de Cs. Exactas y Naturales y Agrimensura - UNNE. 2000.
41. Morillas Ruiz J, Delgado Alarcón J. Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. Nutr. clín. diet. hosp.. 2012; 32(2).
42. Yildirim A, Mavi A, Kara A. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. J. Agric. Food Chem. 2001; 49: p. 4083-4089.
43. Fuhrman B, Volkova N, Suraski A, Avira M. Hite wine with red wine-like properties: increased extraction of grape skin polyphenols improves the antioxidant capacity of the derived white wine. J. Agric. Food Chem. 2001; 49: p. 3164 -3168.
44. Yen GC, Pin-Der Duh DY. Antioxidant activity of anthraquinones and anthrone. Food Chemistry. 2000; 70: p. 437-441.
45. Zheng , Shiow Y W. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. J. Agric. Food Chem. 2001; 49: p. 5165 – 5170.
46. Kähkönen M, Anu , Marina H. Berry phenolics and their Antioxidant activity. J. Agric. Food Chem. 2001; 49: p. 4076 – 4082.
47. Giovanna Julissa VA. Capacidad antioxidante del extracto acuoso de tres variedades tipo amarillo, naranja y morado de *Ipomoea Batatas* (camote). tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Nutrición - UNMSM. 2014.
48. Tanquina Páramo I. Efecto de la especie y el procesamiento sobre el contenido de compuestos y propiedades antioxidantes del maíz (*zea mays* L.) negro, frejol (*phaseolus vulgaris* L.) negro, sangorache (*amaranthus quitensis* L.) y variedades de papas nativas. tesis para optar el grado de Título de Ingeniera en Alimentos - Universidad Técnica Ambato. 2013.
49. Arnao I, Suárez S, Cisneros R, Trabucco J. Evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos acuosos de la raíz y las hojas de *smallanthus sonchifolius* (yacón). Rev Soc Quím Perú. 2012; 78(2).



## **ANEXOS**

**Obtención del extracto según los tiempos de cocción por hervido de la muestra de *Arracacia xanthorrhiza* con y sin cáscara**



**Determinación del efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha) con y sin cáscara.**



**Raíces de *Arracacia xanthorrhiza* (arracacha)**

